"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و چهارم، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۱

مقاله پژوهشی

DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.3.2.7

اثر گیاهان پوششی و مصرف کود نیتروژن بر عملکرد غده و کارایی مصرف نیتروژن سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) رقم سانته

Effect of cover crops and application of nitrogen fertilizer on tuber yield and nitrogen use efficiency of potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Sante)

شایسته صدرا[1]، غلامرضا محمدی[2] و فرزاد مندنی[3]

چکیده

صدرا، ش.، غ.ر. محمدی و ف. مندنی. ۱۴۰۱. اثر گیاهان پوششی و مصرف کود نیتروژن بر عملکرد غده و کارایی مصرف نیتروژن سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) رقم سانته. **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۴ (۳): ۲۳۵ -۲۲۱.**

استفاده از گیاهان پوششی در تناوب‌های زراعی فواید متعددی دارد که یکی از آنها تامین نیتروژن برای گیاه زراعی بعدی است. به‌منظور بررسی اثر گیاهان پوششی و مقادیر کود نیتروژن در زراعت سیب‌زمینی، آزمایشی در سال‌های زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل گیاهان پوششی چاودار، ماشک، مخلوط چاودار+ ماشک و عدم استفاده از گیاه پوششی (شاهد) در کرت‌های اصلی و مقادیر کود نیتروژن (صفر، ۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد کود نیتروژن توصیه شده) در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. نتایج نشان داد که تیمارهای آزمایشی اثر معنی‌داری بر عملکرد غده، کارایی مصرف نیتروژن و محتوای نیترات غده داشتند. تیمار گیاه پوششی ماشک و مخلوط چاودار+ ماشک همراه با مصرف ۶۶ درصد کود نیتروژن، نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد، به‌ترتیب باعث افزایش ۱۳ و ۸ درصدی عملکرد غده سیب‌زمینی شد. بیشترین مقدار عملکرد غده (۳۵/۴۲ تن در هکتار) در تیمار ماشک همراه با مصرف ۶۶ درصد کود نیتروژن و کمترین مقدار محتوای نیترات غده (۳۱/۹۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تیمار شاهد بدون مصرف کود نیتروژن بدست آمدند. نتایج نشان داد که افزایش مصرف کود نیتروژن بر کارایی مصرف نیتروژن اثر منفی و معنی‌داری داشت. بالاترین کارایی مصرف نیتروژن در تیمار گیاه پوششی ماشک و عدم مصرف کود نیتروژن (۹۴/۷ کیلوگرم بر کیلوگرم) حاصل شد. یافته‌های این تحقیق نشان داد که گیاهان پوششی همراه با مصرف بهینه کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد غده و صفات گیاهی سیب‌زمینی شدند که این موضوع می‌تواند در کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش سود زراعت سیب‌زمینی مورد توجه قرار داده شود.

واژه‌های کلیدی: چاودار، سیب‌زمینی، کارایی مصرف نیتروژن، ماشک و محتوای نیترات غده

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۲۱
این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد

۱- دانشجوی دکتری پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
۲- دانشیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: gr_mohammadi@razi.ac.ir)
۳- دانشیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

مقدمه

در سال‌های اخیر یکی از چالش‌های مورد توجه در کشاورزی، کاهش باروری خاک است که در اثر کشت فشرده گیاهان زراعی بوقوع پیوسته و نتیجه آن کاهش سطح زمین‌های قابل کشت، کاهش تولیدات کشاورزی و فقر غذایی انسان‌ها است. افزایش جمعیت جهان نیز باعث تشدید نیاز به افزایش تولید محصولات کشاورزی جهت مقابله با گرسنگی و سوء تغذیه می‌باشد (Jahanzad *et al.*, 2017). یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی غذایی در کشورهای در حال توسعه و صنعتی، سیب‌زمینی است. طبق گزارش فائو (FAO, 2021) سیب‌زمینی نهمین محصول کشاورزی مهم در سرتاسر دنیا و سومین محصول مهم غذایی جهان بعد از چغندرقند و ذرت است و از نظر اهمیت بعد از غلات قرار دارد. افزایش تقاضا برای سیب‌زمینی کشت فشرده آن با استفاده گسترده از کودهای شیمیایی نیتروژن دار را اجتناب ناپذیر کرده است که این موضوع افزایش هزینه‌های تولید، افزایش مخاطرات زیست محیطی چون کاهش ماده آلی خاک، آلودگی آب‌های زیرزمینی از طریق آب‌شویی نیترات، کاهش بازیابی نیتروژن به وسیله گیاهان و افزایش تجمع نیترات در غده سیب‌زمینی را به همراه داشته است (Darabi *et al.*, 2018). بنابراین اقدامات مدیریتی به‌منظور کاهش استفاده از کودهای شیمیایی ضرورت داشته و اقداماتی مانند کشت گیاهان پوششی مناسب در تناوب با سیب‌زمینی و استفاده از مقادیر مناسب کود نیتروژن‌دار، باعث کاهش نیاز به مصرف کود شده و صرفه اقتصادی بیشتری برای کشاورزان خواهد داشت (Delgado *et al.*, 2004).

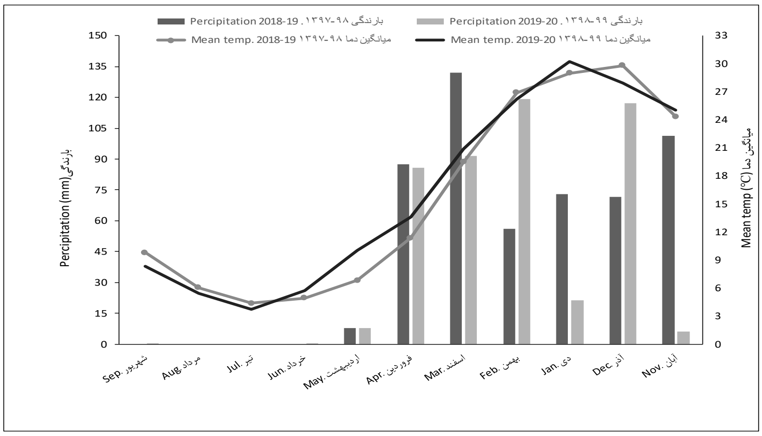
گیاهان پوششی به‌منظور پوشش دادن خاک و بهبود شرایط آن کشت می‌شوند. گیاهان پوششی به صورت خاک‌پوش زنده و یا مرده روی سطح خاک استفاده شده و یا به عنوان کود سبز به داخل خاک برگردانده می‌شوند. این گیاهان نقش مهمی در چرخه مواد غذایی، کاهش فرسایش خاک، بهبود ساختار خاک، افزایش ماده آلی و کربن خاک، کاهش خسارت علف‌های هرز و آفات دارند (Adetunji *et al.*, 2020). گیاهان پوششی با تثبیت زیستی نیتروژن اتمسفری و یا جذب نیتروژن از لایه‌های عمقی خاک و ذخیره کردن آن در زیست‌توده خود ضمن به حداقل رسیدن آبشویی نیترات، باعث صرفه‌جویی در مصرف کود نیتروژن می‌شوند (Singh *et al.*, 2018). گیاهان پوششی بقولاتی قادر به تثبیت ۶۰ تا ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در خاک هستند (Möller *et al.*, 2008)، در حالی که گیاهان پوششی غیربقولاتی قادر به جذب ۷۰ درصد از نیتروژن معدنی خاک در طی دوره آیش هستند (Couëdel *et al.*, 2018). گیاهان پوششی می‌توانند نیتروژن مازاد در خاک را غیرمتحرک ساخته و تلفات نیتروژن را کاهش دهند (Möller *et al.*, 2008). گیاهان پوششی دانه‌ریز مانند چاودار، نیتروژن باقی‌مانده در خاک را در طی استقرار سریع در پاییز از خاک جذب می‌کنند (Sadeghpour *et al.*, 2014) و به دلیل متراکم بودن ریشه‌ها، می‌توانند آب‌شویی مواد غذایی را کاهش دهند. در همین ارتباط سینگ و همکاران (Singh *et al.*, 2018) گزارش دادند که گیاه چاودار در مقایسه با حالت عدم کشت آن، می‌تواند تا ۸۱ درصد آب‌شویی نیترات را کاهش دهد. ماشک نیز یک گیاه پوششی بقولاتی است که با طیف وسیعی از انواع خاک‌ها سازگار بوده و می‌تواند سرمای زمستان را بخوبی تحمل کرده و زیست‌توده انبوهی تولید کند که به حفاظت از آب و خاک کمک می‌کند (Singh *et al.*, 2018) و قادر به غنی کردن خاک از طریق تثبیت نیتروژن می‌باشد. بعداز برگرداندن گیاه پوششی به خاک در طی فرایند معدنی شدن، نیتروژن موجود در زیست‌توده آن آزاد شده و باعث کاهش نیاز کودی نیتروژن در گیاه بعدی می‌شود (Radicetti *et al.*, 2016). از کشت مخلوط گیاهان بقولاتی و غیر بقولاتی نیز می‌توان جهت

بهره‌برداری از مزایای هر دو نوع گیاه استفاده کرد (Tosti *et al.*, 2014). نتایج آزمایش انجام شده توسط ایساه و همکاران (Essah *et al.*, 2012) نشان داد که کشت مداوم سیب‌زمینی در شرایط بدون رعایت تناوب و عدم استفاده از گیاهان پوششی، نیاز به کوددهی بیشتری برای دست‌یابی به عملکرد بالاتر دارد. ایساه و دلگادو (Essah and Delgado, 2009) گزارش کردند که مصرف بالای کود نیتروژن در زراعت سیب‌زمینی باعث کاهش عملکرد و کیفیت غده می‌شود. نیتسون (Neeteson, 1989) گزارش کرد که عملکرد غده سیب‌زمینی کاشته شده بعد از گیاهان پوششی شبدر و یونجه همراه با مقدار کمی کود شیمیایی نیتروژن‌دار به طور معنی‌داری بیشتر بود.

هدف از این آزمایش ارزیابی عملکرد غده و صفات گیاهی سیب‌زمینی، محتوای نیترات غده و کارایی مصرف نیتروژن در تیمارهای گیاهان پوششی و مقادیر کود نیتروژن بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال‌های زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه با عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۳۱۹ متر از سطح دریا اجرا شد. محل اجرای آزمایش دارای آب و هوای سرد و معتدل، با میانگین بارندگی سالانه ۴۵۰ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت سالانه ۲۲ درجه سانتی‌گراد است. وضعیت آب و هوایی محل اجرای آزمایش در سال اول و دوم آزمایش در شکل ۱ ارائه شده است. مشخصات خاک مزرعه آزمایشی نیز در جدول ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱ـ مقدار بارندگی و میانگین دمای ماهانه محل اجرای آزمایش (۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸)

Fig. 1. Monthly rainfall and average temperature at the experiment site (2018-19 and 2019-20)

جدول ۱ـ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Physical and chemical properties of the soil at the experiment site

هدایت الکتریکی ECe (dS.m^{-1})	اسیدیته pH	آهک Lime (%)	ماده آلی O.M (%)	نیتروژن N (%)	فسفر P	پتاسیم K	سدیم Na	منیزیم Mg	کلسیم Ca	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)
					(mg.kg^{-1})							
0.98	8	9	0.56	0.059	6.2	230	2.1	1.4	3.2	8	9	83

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۶ ترکیب تیماری و سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی گیاهان پوششی در چهار سطح: ۱- چاودار (*Secale cereal*) رقم دانکو، ۲- ماشک (*Vicia sativa*) رقم لامعی، ۳- مخلوط (چاودار + ماشک) و ۴- عدم استفاده از گیاه پوششی (شاهد) و عامل فرعی کود نیتروژن (از منبع اوره) در چهار سطح: صفر، ۳۳ ، ۶۶ و ۱۰۰ درصد مقدار کود نیتروژن توصیه شده (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار، بر پایه نتایج آزمون خاک) بودند. پس از آماده سازی زمین در هر دو سال آزمایش، گیاه چاودار با تراکم ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، ماشک با تراکم ۸۰ کیلوگرم در هکتار و مخلوط چاودار+ ماشک (با نسبت ۵۰:۵۰ کشت خالص آنها)، در اوایل آبان و به‌صورت دستی کاشته شدند. زراعت گیاهان پوششی به صورت دیم بود و در طی فصل رشد آنها از هیچ‌گونه قارچ‌کش، علف‌کش و کودهای شیمیایی استفاده نشد. بعد از سپری شدن پاییز و زمستان، گیاهان پوششی در سال اول در ۱۷ فروردین و در سال دوم در ۱۹ فروردین، قبل از شروع رشد زایشی با استفاده از گاوآهن برگرداندار تا عمق ۳۰ سانتی‌متری به خاک برگردانده شدند.

بعداز برگرداندن گیاهان پوششی به خاک و آماده سازی زمین برای کشت سیب‌زمینی، کودهای فسفر (از منبع سوپرفسفات تریپل) و پتاس (از منبع سولفات پتاسیم)، هر کدام به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار به خاک اضافه شده و سپس با استفاده از شیارساز، شیارهایی به فاصله ۷۵ سانتی‌متر ایجاد شدند. غده‌های بذری ضدعفونی شده سیب‌زمینی رقم سانته (زودرس) از تولیدکنندگان مجاز دارای بذر گواهی شده در منطقه تامین و به‌صورت دستی با فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی‌متر و ۲۱ سانتی‌متر روی ردیف (تراکم ۶۳۵۰۰ بوته در هکتار) در سال اول در اول اردیبهشت و در سال دوم در سوم اردیبهشت کشت و بلافاصله آبیاری انجام شد. هر کرت اصلی شامل چهار کرت فرعی بود. در هر کرت فرعی پنج ردیف کاشت در نظر گرفته شد و مساحت هر کرت ۱۲ مترمربع بود. در حین رشد این گیاه زراعی تا برداشت آن که در اوایل شهریور ماه انجام گرفت، آبیاری به صورت بارانی هر هفت روز یک‌بار، وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی در طول دوره رشد، خاک‌دهی پای بوته‌ها و کوددهی نیتروژن بر اساس مقادیر از پیش تعیین شده در سه مرحله: سبز شدن گیاهچه‌ها (۵۰ کیلوگرم در هکتار)، شروع غده‌دهی (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و سه هفته پس از شروع غده‌دهی (۵۰ کیلوگرم در هکتار) انجام شد.

جهت اندازه‌گیری ارتفاع بوته از هر کرت آزمایشی تعداد ۱۰ بوته در مرحله گل‌دهی انتخاب و ارتفاع آنها با استفاده از خط‌کش از ناحیه طوقه تا انتهای ساقه اصلی اندازه‌گیری شد. تعداد ساقه‌های اصلی خارج شده از این بوته‌ها شمارش شده و میانگین آنها به عنوان تعداد ساقه‌های اصلی در بوته در نظر گرفته شد. تعداد غده در بوته، وزن غده در بوته و عملکرد غده‌ها در دو ردیف وسط هر کرت با حذف حاشیه از بالا و پایین کرت اندازه‌گیری شد.

برای محاسبه انواع کارایی مصرف نیتروژن از رابطه‌های زیر استفاده شد (Fageria, 2016)

$$\text{کارایی جذب نیتروژن}\ \frac{kg}{kg} = \frac{\text{عملکرد غده}}{\text{محتوای نیتروژن خاک}} \qquad (\text{رابطه ۱})$$

$$\text{کارایی مصرف نیتروژن}\ \frac{kg}{kg} = \frac{\text{محتوای نیتروژن گیاه (غده+ اندام های هوایی)}}{\text{محتوای نیتروژن خاک}} \qquad (\text{رابطه ۲})$$

$$\text{کارایی استفاده از نیتروژن}\ \frac{kg}{kg} = \frac{\text{عملکرد غده}}{\text{محتوای نیتروژن گیاه (غده+ اندام های هوایی)}} \qquad (\text{رابطه ۳})$$

محتوای نیتروژن خاک شامل نیتروژن مصرف شده در طول فصل رشد گیاه + نیتروژن بومی خاک قبل از کشت گیاه زراعی می‌باشد. نیتروژن موجود در گیاه و خاک با استفاده از روش کجلدال اندازه‌گیری شدند. نیترات موجود در غده با استفاده از روش اسید سولفوسالیسیلیک (Hlavsova *et al.*, 1970) و دستگاه اسپکتروفوتومتر (UV-Vis 1280, Shimadzu, Japan) در طول موج ۴۱۰ نانومتر اندازه‌گیری شد.

داده‌های ثبت شده با استفاده از نرم‌افزار MSTATC تجزیه شده و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. قبل از تجزیه مرکب داده‌ها، با استفاده از آزمون بارتلت، یکنواختی واریانس‌ها داده‌های آزمایش ارزیابی شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که تعداد غده در بوته سیب‌زمینی‌های کشت شده بعد از گیاهان پوششی در مقایسه با عدم استفاده از گیاه پوششی بیشتر بود. بیشترین تعداد غده در بوته (۹/۱ غده) در سیب‌زمینی کشت شده بعد از گیاه پوششی ماشک بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر گیاهان پوششی داشت. با وجود این، تیمار ۱۰۰ درصد کود نیتروژن باعث کاهش ۱۱ درصدی تعداد غده در بوته نسبت به تیمار ۶۶ درصد کود نیتروژن شد (جدول ۲).

نتایج نشان داد که بیشترین تعداد ساقه اصلی (۶/۴ در بوته) مربوط به سیب‌زمینی‌های کشت شده بعد از گیاه پوششی ماشک بود که به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود. با وجود این، اختلاف معنی‌داری از نظر این صفت بین دو تیمار چاودار و مخلوط چاودار + ماشک مشاهده نشد. کمترین تعداد ساقه در بوته در تیمار عدم استفاده از گیاهان پوششی ثبت شد (جدول ۲). این نتایج با یافته‌های احمدوند و حاجی‌نیا (Ahmadvand and Hajinia, 2016) مطابقت داشت. در آزمایش نامبردگان زراعت سیب‌زمینی پس از گیاه پوششی ماشک نسبت به گیاه پوششی جو و عدم استفاده از آن باعث افزایش ۲۴/۷ درصدی تعداد ساقه اصلی در بوته شد. در آزمایش حاضر با مصرف بیشتر کود نیتروژن، تعداد ساقه در بوته تا حدودی روند صعودی داشت، بدین ترتیب که بیشترین تعداد ساقه در بوته در تیمار ۱۰۰ درصد کود نیتروژن حاصل شد. این نتایج با یافته‌های شریفی و همکاران (Sharifi *et al.*, 2013) مطابقت داشت. در آزمایش آن‌ها، از بین تیمارهای کودی صفر، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، تیمار ۱۸۰ کیلوگرم، بیشترین تعداد ساقه در بوته را تولید کرد که علت آن به تحریک رشد رویشی گیاه توسط کود نیتروژن نسبت داده شد.

نتایج حاصل از تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سال بر صفت ارتفاع بوته غیرمعنی‌دار، اما تیمارهای گیاهان پوششی و کود نیتروژن اثر معنی‌داری (در سطح احتمال یک درصد) روی این صفت داشتند. بیشترین ارتفاع بوته (۴۶/۷ سانتی‌متر) بعد از گیاه پوششی ماشک بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار مخلوط چاودار + ماشک نداشت (جدول ۲). احمدوند و حاجی‌نیا (Ahmadvand and Hajinia, 2016) با ارزیابی اثر روش‌های خاک‌ورزی و گیاهان پوششی در زراعت سیب‌زمینی گزارش کردند که تیمارهای گیاهان پوششی باعث افزایش ۱۷/۵ درصد در ارتفاع بوته سیب‌زمینی نسبت به عدم استفاده از گیاهان پوششی شد و دلیل آن را در دسترس بودن بیشتر عناصر غذایی برای گیاه سیب‌زمینی اعلام کردند. کورتنی و مولن (Courtney and Mullen, 2008) گزارش کردند که گیاهان پوششی برگردانده شده به خاک باعث بهبود مواد آلی، نیتروژن، ساختمان، ظرفیت تبادل کاتیونی و فعالیت میکروبی خاک شده و به دنبال آن ارتفاع بوته سیب‌زمینی بیشتر می‌شود. در آزمایش حاضر، بالاترین ارتفاع بوته در تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن بدست آمد که با تیمار ۶۶ درصد تفاوت معنی‌داری

نداشت (جدول ۲). نیتروژن از طریق افزایش میزان سبزینگی برگ و به تبع آن افزایش فتوسنتز گیاه، باعث افزایش رشد رویشی گیاه و طول ساقه می‌شود. منقش و همکاران (Monaghash *et al.,* 2015) با بررسی اثر کودهای آلی و شیمیایی بر ارتفاع بوته سیب‌زمینی گزارش کردند که مصرف هر دو نوع کود باعث افزایش ارتفاع بوته می‌شود. کودهای شیمیایی از طریق تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و کودهای آلی و ورمی‌کمپوست از طریق افزایش فعالیت ریزجانداران خاک، باعث افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه، افزایش فتوسنتز، افزایش رشد و افزایش ارتفاع بوته می‌شوند.

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد صفات گیاهی سیب‌زمینی در تیمارهای گیاهان پوششی و کود نیتروژن

Table 2. Mean comparison of plant traits of potato in cover crop and nitrogen fertilizer treatments

			تعداد غده در بوته No. tuber.plant^{-1}	تعداد ساقه اصلی در بوته No. main branches.plant^{-1}	ارتفاع بوته Plant height (cm)
سال Year	2019	۱۳۹۸	8.1	5.7	44.8
	2020	۱۳۹۹	8.0	5.5	43.5
گیاه پوششی Cover crop	No cover crop	بدون گیاه پوششی	6.8c	5.1c	40.7c
	Rye	چاودار	8.0b	5.4b	44.0b
	Vetch	ماشک	9.1a	6.4a	46.7a
	Mixed (Rye+Vetch)	مخلوط (چاودار+ماشک)	8.3b	5.5b	45.3ab
	LSD (5%)		0.50	0.27	2.42
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer (% of the recommended)	Zero	صفر	6.83c	4.85c	35.28c
	33%	۳۳ درصد	8.09b	5.58b	43.15b
	66%	۶۶ درصد	9.25a	5.88ab	48.29a
	100%	۱۰۰ درصد	8.19b	6.19a	50.17a
	LSD (5%)		0.47	0.45	2.52

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سال بر عملکرد غده، وزن غده و تعداد غده در بوته غیرمعنی‌دار بود، اما اثر تیمارهای گیاهان پوششی و کود نیتروژن بر صفات یاد شده معنی‌دار و برهمکنش تیمارها بر عملکرد غده و وزن غده در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. براساس نتایج بدست آمده، وزن غده در بوته تحت تاثیر برهمکنش گیاه پوششی و کود نیتروژن قرار گرفت، بدین ترتیب که تیمار ۶۶ درصد کود نیتروژن و گیاه پوششی ماشک با ۵۸۵/۴ گرم در بوته، بالاترین وزن غده را داشت که البته اختلاف معنی‌داری با تیمار مخلوط گیاهان پوششی و تیمار ۶۶ درصد کود نیتروژن (۵۴۷/۹ گرم در بوته) نداشت. کمترین وزن غده در بوته (۲۴۶/۴ گرم) مربوط به تیمار عدم استفاده از گیاه پوششی و کود نیتروژن (شاهد) بود (جدول ۳). غفاری و همکاران (Ghafari *et al.,* 2012) با ارزیابی اثر گیاهان پوششی چاودار، جو، کلزا و تریتیکاله بر عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی گزارش کردند که در تیمار گیاهان پوششی کلزا و چاودار، بالاترین عملکرد غده و وزن غده بدست آمد و علت آن کنترل بهتر علف‌های هرز توسط این گیاهان گزارش شد، اما گیاهان پوششی جو و تریتیکاله تفاوت معنی‌داری با تیمار عدم استفاده از گیاه پوششی (شاهد) از نظر تاثیر بر این صفات نداشتند.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، تیمار عدم استفاده از گیاه پوششی و عدم مصرف کود نیتروژن کمترین عملکرد غده (۱۴/۹۳ تن در هکتار) را داشت. با افزایش مصرف کود نیتروژن عملکرد غده افزایش یافت و

بیشترین عملکرد (۳۰/۷۳ تن در هکتار) در تیمار عدم استفاده از گیاه پوششی و تیمار ۱۰۰درصد کود نیتروژن بدست آمد (جدول ۳). نیتروژن عنصر غذایی کلیدی در رشد گیاهان است که باعث بهبود رشد رویشی و عملکرد غده می‌شود، اما واکنش عملکرد غده به کود نیتروژن در تیمار گیاهان پوششی نسبت به عدم استفاده از گیاهان پوششی متفاوت بود، بدین ترتیب که بیشترین عملکرد غده (۳۵/۴۲ تن در هکتار) در تیمار گیاه پوششی ماشک و تیمار ۶۶ درصد کود نیتروژن بدست آمد و استفاده از بالاترین میزان کود نیتروژن باعث کاهش عملکرد غده به میزان ۱۰ درصد شد. در زراعت سیب‌زمینی بعد از گیاه پوششی چاودار، عملکرد غده از ۲۲/۸۶ تن در هکتار در عدم مصرف کود به ۲۷/۶۰ تن در هکتار در تیمار ۳۳ درصد کود نیتروژن رسید، اما اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای ۶۶ و ۱۰۰ درصد کود نیتروژن مشاهده نشد و در هر دو تیمار عملکرد غده حدود ۳۰ تن در هکتار بود.

بالاترین عملکرد غده سیب‌زمینی بعد از گیاه پوششی ماشک و تیمار ۶۶ درصد کود نیتروژن حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار مخلوط چاودار + ماشک و همین سطح از کود نیتروژن نداشت (جدول ۳). بالاتر بودن عملکرد غده سیب‌زمینی بعد از تیمار مخلوط چاودار + ماشک و تا حدودی چاودار، نسبت به عدم استفاده از گیاه پوششی را می‌توان به فراهم شدن نیتروژن ناشی از تجزیه تدریجی بقایای گیاهان پوششی در طول دوره رشد سیب‌زمینی نسبت داد. مصرف نیتروژن بیشتر از ۶۶ درصد نیاز گیاه در کرت‌های گیاهان پوششی، باعث افزایش عملکرد غده سیب‌زمینی نشد و حتی در سیب‌زمینی کشت شده بعد از گیاهان پوششی به ویژه ماشک و مخلوط چاودار + ماشک، باعث افت نسبتاً قابل توجه عملکرد غده شد. در حالی که در تیمار عدم استفاده از گیاه پوششی، افزایش میزان کود نیتروژن تا ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده، افزایش معنی‌دار عملکرد غده سیب‌زمینی را در پی داشت. شاید بتوان کاهش عملکرد غده در تیمارهای گیاهان پوششی و مصرف ۱۰۰ درصد کود نیتروژن را به بالا بودن محتوای نیتروژن در دسترس خاک (نیتروژن حاصل از تجزیه بقایا + کود نیتروژن مصرف شده) نسبت داد که باعث رشد رویشی بیشتر گیاه سیب‌زمینی و نقصان در عملکرد غده شده است. نتایج آزمایش روزن و بیرمن (Rosen and Bierman, 2008) نشان داد که بالا بودن محتوای نیتروژن خاک باعث تاخیر در غده بندی، تاخیر در رسیدگی و در نهایت کاهش عملکرد غده سیب‌زمینی می‌شود. آلوا (Alva, 2004) عنوان کرد که گیاه سیب‌زمینی واکنش بالایی به کود نیتروژن دارد و نیتروژن کافی برای رشد و توسعه گیاه و افزایش عملکرد غده آن ضروری است، اگرچه کود نیتروژن بیشتر از نیاز گیاه باعث افزایش رشد رویشی، کاهش کیفیت غده‌ها، تاخیر در رسیدگی محصول، کاهش ماده خشک و کارایی مصرف نیتروژن می‌شود. در مقابل، کمبود نیتروژن رشد و توسعه گیاه را کاهش داده و عملکرد غده آن را محدود می‌کند. بر اساس نتایج آزمایش دارابی و همکاران (Darabi *et al.*, 2018) مصرف کود نیتروژن در مقایسه با عدم استفاده از آن، عملکرد غده را افزایش داده و استفاده ورمی‌کمپوست همراه با کود نیتروژن، باعث افزایش عملکرد غده بیشتری نسبت به استفاده به تنهایی از کود نیتروژن شد. براساس نتایج آزمایش جین و همکاران (Jin *et al.*, 2014) بیشترین عملکرد غده سیب‌زمینی در تیمار کود نیتروژن ۱۳۵-۹۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد و مقادیر بالاتر از آن تا ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار، باعث کاهش عملکرد شد و علت آن دخیل بودن تمام مواد غذایی و رطوبت خاک در تشکیل عملکرد سیب‌زمینی اعلام شد و کمبود یک عامل می‌تواند باعث خنثی شدن اثر افزایش سایر عوامل شود.

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد غده و وزن غده سیب‌زمینی در برهمکنش تیمارهای گیاهان پوششی و کود نیتروژن

Table 3. Mean comparison of tuber yield and tuber weight in interaction effect of cover crop and nitrogen fertilizer treatments

گیاه پوششی Cover crop	کود نیتروژن Nitrogen fertilizer (% of the recommended)		عملکرد غده Tuber yield ($t.ha^{-1}$)	وزن غده Tuber weight ($g.plant^{-1}$)
بدون گیاه پوششی No cover crop	Zero	صفر	14.93h	246.4g
	33%	۳۳ درصد	22.98g	370.0f
	66%	۶۶ درصد	27.60ef	455.3de
	100%	۱۰۰ درصد	30.73bcd	507.0bcd
چاودار Rye	Zero	صفر	22.86g	377.3f
	33%	۳۳ درصد	27.66ef	456.3de
	66%	۶۶ درصد	30.57bcd	504.3bcd
	100%	۱۰۰ درصد	30.24cde	499.0bcd
ماشک Vetch	Zero	صفر	28.6de	471.7cd
	33%	۳۳ درصد	30.77bcd	507.7bcd
	66%	۶۶ درصد	35.42a	585.4a
	100%	۱۰۰ درصد	31.81bc	524.9bc
مخلوط چاودار+ ماشک Mixed (Rye + Vetch)	Zero	صفر	24.89fg	410.7ef
	33%	۳۳ درصد	28.91de	476.9cd
	66%	۶۶ درصد	33.26ab	547.9ab
	100%	۱۰۰ درصد	31.15bcd	514.0bc
LSD (5%)			2.89	53.63

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سال بر کارایی مصرف نیتروژن غیرمعنی‌دار، اما اثر تیمارهای گیاهان پوششی، کود نیتروژن و برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بالاترین مقدار کارایی مصرف نیتروژن (۹۴/۷ کیلوگرم بر کیلوگرم) در تیمار ماشک و عدم مصرف کود نیتروژن و پایین‌ترین مقدار آن (۵۷/۸ کیلوگرم بر کیلوگرم) در تیمار چاودار و مصرف ۱۰۰ درصد کود نیتروژن بدست آمد (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد که یکی از دلایل کاهش کارایی مصرف نیتروژن در پاسخ به افزایش کود این باشد که عملکرد غده سیب‌زمینی به صورت خطی با افزایش کود افزایش نمی‌یابد، یعنی متناسب با افزایش مصرف کود نیتروژن، عملکرد غده به همان اندازه افزایش نمی‌یابد. به‌علاوه، نیتروژن زیاد ممکن است بیشتر صرف رشد رویشی گیاه شده و کمتر به رشد غده‌ها اختصاص یابد. در تیمار چاودار، بر خلاف تیمارهای ماشک و مخلوط، افزایش عملکرد کمتری در پاسخ به افزایش کود نیتروژن بدست آمد. دبیقی و همکاران (Dabighi *et al.*, 2017) با مطالعه اثر کود نیتروژن و کود سبز بر کارایی مصرف نیتروژن در گیاه کلزا به این نتیجه رسیدند که رابطه بین کارایی مصرف نیتروژن و مصرف بالاتر کود نیتروژن معکوس است، در صورتی که استفاده از کود سبز در مقایسه با عدم استفاده از گیاه پوششی، اثر مثبتی روی این شاخص داشت، به طوری‌که بالاترین کارایی مصرف نیتروژن در گیاه پوششی ماش و صفر درصد کود نیتروژن و کمترین مقدار آن در تیمار ۱۰۰ درصد کود نیتروژن همراه با عدم استفاده از گیاه پوششی بدست آمد. دارابی و همکاران (Darabi *et al.*, 2018) با ارزیابی اثر تیمارهای کود نیتروژن و ورمی‌کمپوست در سیب‌زمینی به این نتیجه رسیدند که استفاده از ورمی‌کمپوست در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد کود نیتروژن، اثر مثبت بیشتری در افزایش کارایی مصرف نیتروژن داشت. جهانزاد و همکاران (Jahanzad *et al.*, 2017) گزارش

دادند که افزایش مصرف نیتروژن در سیب‌زمینی باعث کاهش معنی‌داری در کارایی مصرف نیتروژن شد و عنوان کردند که کارایی مصرف نیتروژن بالاتر نشان دهنده استفاده بیشتر از نیتروژن مصرف شده و تلفات کمتر آن می‌باشد.

کارایی استفاده از نیتروژن همانند کارایی مصرف نیتروژن واکنش مشابهی نسبت به تیمارهای کود نیتروژن داشت، به‌طوری‌که در هر دو سال آزمایش با افزایش میزان کود نیتروژن، کارایی استفاده از نیتروژن روندی نزولی داشت. براساس قانون بازده نزولی، رابطه بین افزایش مصرف کود نیتروژن و استفاده از نیتروژن برعکس است، به طوری‌که مقدار آن در میانگین دو سال از ۵۶۴ کیلوگرم بر کیلوگرم در تیمار عدم مصرف کود نیتروژن به ۱۵۸ کیلوگرم بر کیلوگرم در تیمار ۱۰۰ درصد کود نیتروژن کاهش یافت (جدول ۴).

جوادی و همکاران (Javadi *et al.*, 2019) با ارزیابی اثر کود سبز و کود نیتروژن بر کارایی استفاده از نیتروژن در گیاه خرفه گزارش کردند که کود سبز بر خلاف کود نیتروژن روی این شاخص اثر معنی‌داری نداشت، اما افزایش مصرف کود نیتروژن باعث کاهش معنی‌داری در کارایی استفاده از نیتروژن در گیاه خرفه شد. میرزاشاهی و حسین‌پور (Mirzashahi and Hosainpour, 2014) نیز یک رابطه عکس بین کارایی استفاده از نیتروژن و میزان مصرف کود نیتروژن در گیاه ذرت گزارش کردند، به طوریکه در تیمارهای حداقل کود، حداکثر کارایی به دست آمد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمارهای گیاهان پوششی، کود نیتروژن و برهمکنش آنها بر کارایی جذب نیتروژن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که گیاه سیب‌زمینی بالاترین کارایی جذب را در بالاترین میزان کود نیتروژن توصیه شده داشت (جدول ۴). کارایی جذب نیتروژن در گیاه سیب‌زمینی هم‌راستا با میزان مصرف کود بود و احتمالا یکی از دلایل آن، رشد نامحدود این گیاه و نیاز بالای آن به عناصر غذایی باشد. در بین تیمارهای گیاهان پوششی، حداکثر کارایی جذب نیتروژن در سیب‌زمینی کشت شده پس از ماشک و مخلوط چاودار + ماشک بدست آمد (جدول ۴). دلیل این موضوع را می‌توان به توانایی گیاه ماشک در تثبیت زیستی نیتروژن، افزایش محتوای نیتروژن خاک و هم‌زمانی آن با نیاز گیاه سیب‌زمینی دانست. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در کلیه تیمارهای استفاده و یا عدم استفاده از گیاهان پوششی، با افزایش مصرف کود نیتروژن، کارایی جذب نیتروژن روند صعودی داشت، به گونه‌ای که در تیمارهای بدون استفاده از گیاهان پوششی، چاودار، ماشک و مخلوط چاودار + ماشک و مصرف کود از صفر به ۱۰۰ درصد، کارایی جذب نیتروژن حدود ۳/۵، ۲/۵، ۲/۸ و ۳ برابر شد (جدول ۵). نتایج بدست آمده از این تحقیق با نتایج جوادی و همکاران (Javadi *et al.*, 2019) در گیاه خرفه مطابقت ندارد. براساس گزارش نامبردگان، رابطه بین کارایی جذب نیتروژن با افزایش مصرف کود معکوس بود. حسینی و همکاران (Hoseini *et al.*, 2013) با ارزیابی مقادیر کودی صفر، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در گندم گزارش کردند که افزایش کارایی جذب نیتروژن در گندم با افزایش مصرف کود هم‌راستا نبود.

نتایج حاصل از تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سال بر تجمع نیترات در غده‌های سیب‌زمینی غیرمعنی‌دار، اما اثر گیاهان پوششی و کود نیتروژن در سطح احتمال یک درصد و نیز برهمکنش آنها در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بودند. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش مصرف کود نیتروژن، تجمع نیترات در غده‌ها روندی صعودی داشت و حداکثر میزان آن (۳۶۹/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تیمار ۱۰۰ درصد کود نیتروژن حاصل شد که فراتر از

جدول ۴- مقایسه میانگین شاخص‌های کارایی مصرف نیتروژن در سیب‌زمینی در تیمارهای گیاهان پوششی و کود نیتروژن

Table 4. Mean comparison of nitrogen use efficiency indices of potato in cover crop and nitrogen fertilizer treatments

			کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficiency ($kg.kg^{-1}$)	کارایی استفاده از نیتروژن Nitrogen utilization efficiency ($kg.kg^{-1}$)	کارایی جذب نیتروژن Nitrogen uptake efficiency ($kg.kg^{-1}$)	محتوای نیترات غده Tuber nitrate content ($mg.kg^{-1}$)
سال Year	2019	۱۳۹۸	78.9	349.7	0.282	195.4
	2020	۱۳۹۹	78.5	342.9	0.286	191.6
گیاه پوششی Cover crop	No cover crop	بدون گیاه پوششی	68.0b	322.2a	0.250b	176.1c
	Rye	چاودار	72.4b	342.8a	0.251b	193.0b
	Vetch	ماشک	88.8a	366.4a	0.319a	206.5a
	Mixed (Rye+Vetch)	مخلوط چاودار+ ماشک	85.6a	354.0a	0.313a	198.6ab
	LSD (5%)		4.81	101.4	0.019	12.56
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer (% of the recommended)	Zero	صفر	82.4a	564.8a	0.149d	57.15d
	33%	۳۳ درصد	82.6a	424.2b	0.199c	139.5c
	66%	۶۶ درصد	81.1a	238.5c	0.342b	215.5b
	100%	۱۰۰ درصد	68.8b	158.0d	0.443a	362.1a
	LSD (5%)		3.91	22.97	0.018	11.33

جدول ۵- مقایسه میانگین شاخص‌های کارایی مصرف نیتروژن و محتوای نیترات غده سیب‌زمینی در برهمکنش تیمارهای گیاهان پوششی و کود نیتروژن

Table 5. Mean comparison nitrogen use efficiency indices and tuber nitrate content of potato in interaction effect of cover crop and nitrogen fertilizer treatments

گیاه پوششی Cover crop	کود نیتروژن Nitrogen fertilizer (% of recommended)		کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficiency ($kg.kg^{-1}$)	کارایی جذب نیتروژن Nitrogen uptake efficiency ($kg.kg^{-1}$)	محتوای نیترات غده Tuber nitrate content ($mg.kg^{-1}$)
بدون گیاه پوششی No cover crop	Zero	صفر	64.9gh	0.11g	31.92h
	33%	۳۳ درصد	73.5ef	0.17f	115.1f
	66%	۶۶ درصد	69.8fg	0.29d	187.5d
	100%	۱۰۰ درصد	64.0gh	0.41b	369.8a
چاودار Rye	Zero	صفر	83.9cd	0.15fg	58.89g
	33%	۳۳ درصد	78.0de	0.18ef	142.6e
	66%	۶۶ درصد	69.8fg	0.29d	212.2c
	100%	۱۰۰ درصد	57.8h	0.37c	358.5a
ماشک Vetch	Zero	صفر	94.7a	0.17f	73.16g
	33%	۳۳ درصد	90.4abc	0.22e	153.7e
	66%	۶۶ درصد	93.7ab	0.39bc	239.6b
	100%	۱۰۰ درصد	76.3def	0.49a	359.8a
مخلوط چاودار+ ماشک Mixed (Rye + Vetch)	Zero	صفر	85.9bc	0.16f	64.64g
	33%	۳۳ درصد	88.6abc	0.21e	146.7e
	66%	۶۶ درصد	91.0abc	0.38bc	222.7bc
	100%	۱۰۰ درصد	77.0def	0.49a	360.2a
LSD (5%)			7.82	0.03	22.67

حد سمیت آن برای سیب زمینی بود ۳۰۰- ۲۵۰) (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک. در تیمارهای گیاهان پوششی ماشک و مخلوط چاودار + ماشک در مقایسه با چاودار، تجمع نیترات در بالاترین مقدار بود که البته تفاوت معنی‌داری با تیمار چاودار نداشتند (جدول ۴). گیاهان پوششی در مقایسه با سطوح بالای کود نیتروژن باعث تجمع کمتر نیترات در غده‌ها شدند. به‌علاوه تفاوت بین گیاهان پوششی از نظر تاثیر بر تجمع نیتراتدر غده‌های سیب‌زمینی کمتر بود که علت آن را می‌توان به آزادسازی تدریجی نیتروژن موجود در گیاهان پوششی در مقایسه با آزادسازی یک‌باره آن از کودهای شیمیایی نسبت داد که باعث حداکثر انطباق با نیاز گیاه شده و در غده‌ها به صورت پروتئین ذخیره می‌شود (Smadi Hashjin *et al.*, 2016). نتایج مقایسه میانگین‌های مربوط به برهمکنش تیمارها نشان داد که در کلیه تیمارهای گیاهان پوششی، همراه با افزایش مصرف کود نیتروژن روندی افزایشی در تجمع نیترات در غده‌های سیب‌زمینی مشاهده شد، بدین ترتیب که بالاترین میزان نیترات در هر چهار تیمار گیاه پوششی در تیمار ۱۰۰ درصد کود نیتروژن و کمترین میزان نیترات در عدم استفاده از کود نیتروژن ثبت شد (جدول ۵). در تیمارهای بالای کودی، نیتروژن به طور ۱۰۰ درصد در متابولیسم گیاه مورد استفاده قرار نگرفته و مقدار زیادی از آن به شکل نیترات در غده ذخیره می‌شود (Samadi Hashjin *et al.*, 2016). با مصرف مقادیر بالای نیتروژن و حضور آن در اطراف ریشه، جذب به وسیله گیاه بیشتر شده و در نتیجه محتوای نیترات در غده‌ها افزایش می‌یابد (Kakaeian *et al.*, 2015). سیمسون و همکاران (Simson *et al.*, 2016) با مقایسه اثر مقادیر صفر، ۵۰، ۷۰، ۹۰، ۱۱۰ و ۱۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سیب‌زمینی گزارش کردند که مقادیر ۱۱۰ تا ۱۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث تجمع ۱۱۱ تا ۱۲۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات (بر اساس وزن تر) گردید، درصورتی‌که مقادیر ۵۰ تا ۹۰ کیلوگرم در هکتار باعث تجمع مقدار کمتر از ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیترات در غده‌ها شد. کولودزیشیک (Kolodziejczyk, 2016) گزارش کرد که افزایش مصرف کود نیتروژن، باعث افزایش روند تجمع نیتروژن نیتراتی در غده‌های سیب‌زمینی شد، باوجود این، در تیمار ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، تجمع نیترات کمتر از حد بحرانی برای سمیت آن بود.

نتیجه‌گیری

با توجه به این‌که گیاه سیب‌زمینی نیاز تغذیه‌ای بسیار بالایی دارد، حفظ عملکرد مطلوب این گیاه همراه با کاهش مصرف کودهای شیمیایی نیتروژن‌دار، می‌تواند یک دستاورد مفید برای کشاورزان و محیط زیست باشد. نتایج آزمایش حاضر نشان داد که استفاده از گیاهان پوششی زمستانه به ویژه ماشک و مخلوط چاودار + ماشک در مقایسه با عدم استفاده از گیاهان پوششی، باعث افزایش عملکرد غده و کارایی جذب و مصرف نیتروژن شدند. استفاده از گیاهان پوششی همراه با مقادیر کمتر از مقدار توصیه شده، باعث افزایش معنی‌دار عملکرد غده سیب‌زمینی در کنار کاهش مصرف کود نیتروژن شد. مقایسه عملکرد غده در تیمار گیاه پوششی ماشک و مخلوط چاودار + ماشک با ۶۶ درصد کود نیتروژن توصیه شده نسبت به عدم استفاده از گیاه پوششی و مصرف ۱۰۰ درصد کود نیتروژن توصیه شده نشان داد که گیاهان پوششی ماشک و مخلوط چاودار + ماشک در ترکیب با مقدار کمتری از نیاز کودی توصیه شده برای گیاه سیب‌زمینی، می‌تواند یک راهکار موثر در رسیدن به عملکرد مطلوب و کاهش خطرات زیست محیطی باشد، به طوری‌که تیمارهای ماشک و مخلوط چاودار + ماشک با مصرف ۳۴ درصد کمتر از مقدار توصیه شده کود نیتروژن، به‌ترتیب ۱۳ و ۸ درصد عملکرد غده بیشتری داشتند. افزایش کارایی مصرف نیتروژن در تیمار گیاه پوششی

ماشک همراه با کود نیتروژن، می‌تواند باعث کاهش تلفات نیتروژن و مخاطرات زیست محیطی ناشی از آن شود. این نتایج نشان می‌دهد که استفاده از گیاهان پوششی به ویژه بقولات می‌تواند با تامین بخشی از نیاز گیاه سیب‌زمینی به نیتروژن، باعث کاهش در مصرف کودهای نیتروژن شده و در افزایش منفعت زراعت سیب‌زمینی و دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار مورد توجه قرار داده شود.

منابع مورد استفاده

References

Adetunji, A., T. Ncube, B. Mulidzi, R. and F. B. Lewu. 2020. Management impact and benefit of cover crops on soil quality: A review. Soil Till. Res. 204: 1-11.

Ahmadvand, G. and S. Hajinia. 2016. The effect of cover crop and different tillage systems on soil physical properties and potato yield. Electronic J. Crop Prod. 8(4): 163-182. (In Persian with English abstract).

Alva, L. 2004. Potato nitrogen management. J. Veg. Crop Prod. 10(1): 97-132.

Couëdel, A., L. Alletto, H. Tribouillois and E. J. A. Justes. 2018. Cover crop crucifer-legume mixtures provide effective nitrate catch crop and nitrogen green manure ecosystem services. Agric. Ecosys. Environ. 254: 50-59.

Courtney, R. G. and G. J Mullen. 2008. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. Bioresour. Technol. 99(8): 2913-2918.

Dabighi, K. h., E. Fateh, and A. Aynehband. 2017. The study of nitrogen efficiency indices of canola (*Brassica napus* L.) under different green manure crops and nitrogen sources. Iran. J. Field Crop Res. 15(2): 413-424. (In Persian with English abstract).

Darabi, A., S. Omidvari, A. Shafiezargar, M. Rafie and M. Javadzadeh. 2018. Impact of integrated management of nitrogen fertilizers on yield and nutritional quality of potato. J. Plant Nutr. 41(19): 2482-2494.

Delgado, J. A., M. A. Dillon, R. T. Sparks and R. F. Follett. 2004. Tracing the fate of ^{15}N in a small-grain potato rotation to improve accountability of nitrogen budgets. J. Soil Water Conserv. 59(6): 271-276.

Essah, S. Y. C. and J. A. Delgado. 2009. Nitrogen management for maximum potato yield, tuber quality, and environmental conservation. *In:* Appropriate Technologies for Environmental Protection in the Developing World. 307-315. Springer.

Essah, S. Y. C., J. A. Delgado, M. A. Dillon and R. T. Sparks. 2012. Cover crops can improve potato tuber yield and quality. Hort. Technol. 22(2): 185-190.

Fageria, N. K. 2016. The Use of Nutrients in Crop Plants: CRC press.

FAO. 2021. Available at http://www.fao.org/faostat/en/#home

Ghafari, M., G. Ahmadvand, M. R. Ardakani, I. Nadeali, and F. Elahi Panah. 2012. Effects of cover crops residue on weed control, physiological indices, yield and yield components of potato (*Solanum tuberosum* L.). Iran. J. Field Crop Sci. 43(2): 295-309. (In Persian with English abstract).

Hlavsova, D., J. Tucek and B. J. H. Turek. 1970. Influence of fertilization on the nitrate content of potatoes. J.

Ceskoslovenska Hygiena. 15(6): 203-207.

Hoseini, R., S. Gashi, A. Soltani, M. Kalate, and M. Zahed. 2013. The effect of nitrogen rate on nitrogen use efficiency index in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Iran. J. Field Crop Res. 11(2): 300-306. (In Persian with English abstract).

Jahanzad, E., A. V. Barker, M. Hashemi, A. Sadeghpour and T. Eaton. 2017. Forage radish and winter pea cover crops outperformed rye in a potato cropping system. Agron. J. 109(2): 646-653.

Javadi, H., P. Rezvani Moghaddam, M. H. Rashed Mohasel, and M. J. Seghatoleslami. 2019. The effect of different levels of nitrogen and green manure on yield and nitrogen absorption efficiency in purslane as a medicinal plant. Agric. Crop Manage. 20 (2): 453-465. (In Persian with English abstract).

Jin, X., N. Hao, F. Jiao, Y. Yang, D. Wang, C. Xu and R. Zhai. 2014. The effect of nitrogen supply on potato yield, tuber size and pathogen resistance in *Solanum tuberosum* exposed to *Phytophthora infestans*. Afr. J. Agric. Res. 9(35): 2657-2663.

Kakaeian, A. M., G. Mohammadi, M. E. Ghobadi and A. Najaphy. 2015. Effects of rye and common vetch cover crops as pure and mixed on soil physicochemical characteristics. J. Agric. Sci. (University of Tabriz). 25(2): 47-64. (In Persian with English abstract).

Kolodziejczyk, M. 2016. Effect of nitrogen fertilization and microbial preparations on quality and storage losses in edible potato. Acta Agrophysica. 23(1): 67-78.

Mirzashahi, K. and M. Hossainpour. 2014. The effect of nitrogen fertilization management on grain yield and nitrogen efficiency indices in corn. Appl. Field Crops Res. 27(102): 31-40.

Möller, K., W. Stinner and G. Leithold. 2008. Growth, composition, biological N_2 fixation and nutrient uptake of a leguminous cover crop mixture and the effect of their removal on field nitrogen balances and nitrate leaching risk. Nutr. Cycl. Agroecosys. 82(3): 233-249.

Monaghash, F., A. Maleki and H. Zolnorian. 2015. Effect of application methods of vermicompost and chemical fertilizers on tuber yield and some morphological traits of potato (*Solanum tuberosum*). J. Ecophysiol. (Agric. Sci.). 9(3): 417-428. (In Persian with English abstract).

Neeteson, J. J. 1989. Effect of Legumes on Soil Mineral Nitrogen and Response of Potatoes to Nitrogen Fertilizer. *In:* Vos, J., C.D. Van Loon and G.J. Bollen (Eds.), Effects of Crop Rotation on Potato Production in the Temperate Zones: Proceedings of the International Conference on Effects of Crop Rotation on Potato Production in the Temperate Zones, August 14–19, 1988, Wageningen, The Netherlands. Dordrecht: Springer Netherlands.

Radicetti, E., R. Mancinelli, R. Moscetti and E. Campiglia. 2016. Management of winter cover crop residues under different tillage conditions affects nitrogen utilization efficiency and yield of eggplant (*Solanum melanogena* L.) in Mediterranean environment. Soil Till. Res. 155: 329-338.

Rosen, C. J. and P. M Bierman. 2008. Best management practices for nitrogen use: Irrigated potatoes.

University of Minnesota Extension Educational Information. Publication No. 08559.

Sadeghpour, A., M. Hashemi, M. DaCosta, E. Jahanzad and S. J. Herbert. 2014. Switchgrass establishment influenced by cover crop, tillage systems, and weed control. Bio-Energy Res. 7(4): 1402-1410.

Samadi Hashjin, A. A., A. Ghalavand and Mokhtasi Bidgoli, A. 2016. The effect of different sources of nitrogen on dry matter and nitrate and nitrite accumulation in potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber. J. Agroecol. (6)1: 28-41. (In Persian with English abstract).

Sharifi, P., U. Izadpanah, M. N. Safarzad Vishekaei, and M. A. Tahmourespour. 2013. Effect of seed tuber size, nitrogen rate and harvest date on yield and yield components of potato. J. Crop Improv. (J. Agric.). 15(2): 193-209. (In Persian with English abstract).

Simson, R., L. Tartlan, E. Nugis and V. Eremeev. 2016. The effect of fertilizer and growing season on tuber dry matter and nitrate content in potato. Agron. Res. 14(4): 1486-1493.

Singh, G., K. W. J. Williard and J. E. Schoonover. 2018. Cover crops and tillage influence on nitrogen dynamics in plant-soil-water pools. Soil Sci. Soc. Am. J. 82(6): 1572-1582.

Tosti, G., P. Benincasa, M. Farneselli, F. Tei and M. Guiducci. 2014. Barley–hairy vetch mixture as cover crop for green manuring and the mitigation of N leaching risk. Europ. J. Agron. 54: 34-39.

Effect of cover crops and application of nitrogen fertilizer on tuber yield and nitrogen use efficiency of potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Sante)

Sadra, Sh.[1], G.R. Mohammadi[2] and F. Mondani[3]

ABSTRACT

Sadra. Sh., G.R. Mohammadi and F. Mondani. 2022. Effect of cover crops and application of nitrogen fertilizer on tuber yield and nitrogen use efficiency of potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Sante). **Iranian Journal of Crop Sciences. 24(3): 221-235. (In Persian).**

Inclusion of cover crops in crop rotations has several benefits such as supplying nitrogen for the next crop. To investigate the effect of cover crops and different levels of nitrogen fertilizer on tuber yield, yield components, and different nitrogen efficiency indices of potato, a filed experiment was conducted as split plots arrangements in randomized complete block design with three replications in 2018-19 and 2019-20 growing seasons at the agricultural research farm of Faculty of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran. The main plots was assigned to cover crop at four levels including; rye, vetch, mixed (vetch + rye) and control (no cover crop) and the sub-plots was nitrogen fertilizer application at four levels including; 0 (control), 33, 66, and 100 percent of the recommended fertilizer level based on the soil test. The results showed that treatments had significant effects on tuber yield and yield components, plant height, the number of main stem per plant, nitrogen use indices and tuber nitrate content. Vetch and mixed treatments along with application of 66 percent of nitrogen fertilizer led to the 13 and 8 percent increases in potato yield when compared with application of 100 percent of nitrogen fertilizer without cover crop, respectively. Maximum tuber yield obtained in vetch with application of 66 percent of nitrogen fertilizer (35.42 $ton.ha^{-1}$) and the least tuber nitrate (31.92 $mg.kg^{-1}$) wasmeasured in control (without nitrogen fertilizer). Application of nitrogen fertilizer had a significant negative effect on nitrogen use efficiency as the highest nitrogen use efficiency (94.78 $kg.kg^{-1}$) was obtained by inclusion of vetch as cover crop and without application of nitrogen fertilizer. In conclusion, our findings showed the positive effect of cover crops along with application of optimum level of nitrogen fertilizer on tuber yield potato, plant height and number of main stem per plant. This can be considered as a crop management package that leads to the reduction of application of chemical fertilizers, prevents its adverse effects on environment and more economic benefits for farmers.

Key Words: Nitrogen use efficiency, Potato, Rye, Tuber nitrate content and Vetch

Received: February, 2022 Accepted: May, 2022

1. PhD Student, Agriculture and Natural Resources Campus, Razi University, Kermanshah, Iran
2. Associate Prof., Agriculture and Natural Resources Campus, Razi University, Kermanshah, Iran (Corresponding author) (Email: gr_mohammadi@razi.ac.ir)
3. Associate Prof., Agriculture and Natural Resources Campus, Razi University, Kermanshah, Iran